



## Medición de campos electromagnéticos en redes de distribución: Experiencias en Cuba

Miguel Castro  
Regla de la C. Perera  
Jacqueline Pedrouzo  
Adolfo Escobar

Recibido: octubre del 2005  
Aprobado: diciembre del 2005

### Resumen / Abstract

La problemática de las posibles influencias sobre la salud humana de los campos electromagnéticos asociados a las instalaciones de alta tensión sigue manteniendo una actualidad total y los problemas que a escala internacional se han suscitado por las continuas referencias que en publicaciones de todo tipo se han dado a la luz exige mantener líneas de estudio que aporten información al respecto. El presente trabajo expone los resultados obtenidos durante la ejecución de un grupo de mediciones efectuadas en líneas y subestaciones de distribución pertenecientes al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) de Cuba, analizando dichos resultados con los niveles límites de las recomendaciones internacionales y algunos otros resultados obtenidos por otros grupos de trabajo.

Palabras clave: campo eléctrico, campo magnético, líneas eléctricas, subestaciones eléctricas

*The influence of the electromagnetic fields on human health associated with High Voltage utilities has total actuality and very different result had been obtained for researchers. The discussion about its influence has been necessary to increase efforts to obtain levels and time exposure to these fields. The levels of EMF at electric lines and substations located in the National Electric System obtained by measurements in different places in Cuba are presented in this paper; the authors compare these results with others obtained for different scientific groups and international institutions.*

*Key words: electric field, magnetic field, electric lines, electric substations*

### INTRODUCCIÓN

Desde el año 2001 el grupo de trabajo de Alta Tensión del Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL) ha acometido la tarea, con el apoyo de investigadores de Japón,<sup>1</sup> en un inicio, y del grupo de Alta Tensión (GRALTA) de la Universidad del Valle, posteriormente,<sup>2</sup> de realizar mediciones de campos electromagnéticos (CEM) en líneas y subestaciones del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) de Cuba.

Durante los años 2001- 2003 se efectuaron mediciones en líneas y subestaciones eléctricas de

110 y 220 kV, y sus resultados se han presentado en diferentes eventos durante esos años. Un resumen de estos resultados permite decir que los niveles de campos electromagnéticos obtenidos en dichas instalaciones han sido muy inferiores a los valores límites establecidos por diferentes organizaciones internacionales.<sup>3</sup>

La necesidad de ir caracterizando todos los niveles de tensiones de trabajo del SEN, según se plantea en el proyecto que actualmente se ejecuta, permitió en el pasado año 2004 programar y realizar visitas a

algunas líneas y subestaciones correspondientes a dichos niveles, ejecutándose las mediciones correspondientes, pero también permitió dar inicio a mediciones en líneas y subestaciones en niveles de distribución de la energía eléctrica (13 y 33 kV) que usualmente son los que más cercanos se encuentran a las viviendas de las personas y a los centros laborales. No debe olvidarse que una de las cuestiones que aún no se ha podido definir, por falta de criterios fundamentados desde el punto de vista científico, es si los campos eléctrico y magnético de baja frecuencia son dañinos para la salud humana, por lo que conocer los niveles asociados a dichos entornos, en los cuales viven y ejecutan sus actividades diarias la mayor parte de la población se convierte en una cuestión de suma importancia, a la hora de, finalmente, emitir un criterio científico-técnico con relación al posible riesgo.

Las mediciones fueron realizadas en instalaciones ubicadas en las provincias de Ciudad de La Habana y Pinar del Río, en líneas y subestaciones atendidas por empresas provinciales y municipales de dichos territorios.

## RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO

En todos los casos las mediciones se realizaron según se establece en la in *IEEE Standard 644-1994*<sup>4</sup> a un metro de altura y de forma tal que en el caso de las líneas aéreas, las mediciones se ejecutaron siempre en la dirección transversal con respecto, a la traza de la línea, buscando siempre el punto más bajo de la misma con respecto al terreno, mientras que en las subestaciones las mediciones se ejecutaron en las direcciones longitudinal y transversal del campo en cuestión, seleccionándose como punto cero la intersección de ambas. El equipo utilizado, marca ENDEX II de ENERTECH, permite la medición de los campos eléctricos y magnéticos de baja frecuencia (figura 1).

En las figuras 2, 3, 4 y 5 pueden observarse los valores de campo eléctrico (CE) y magnético (CM) obtenidos en las subestaciones y líneas de distribución medidas, en comparación con las que se habían hallado en mediciones anteriores, y otras realizadas en esta etapa, en niveles de 220 y 110 kV.

Las características del equipamiento se presentan en la tabla 1.

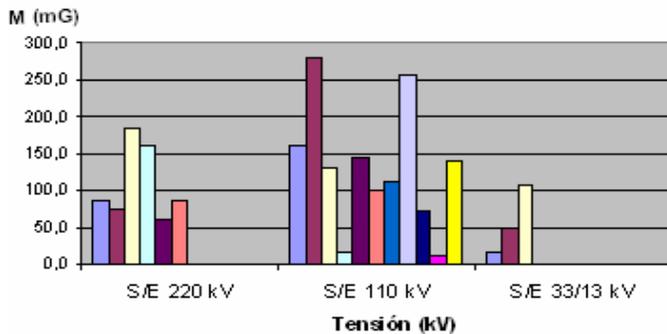
<b>Tabla 1</b>		
<b>Descripción del equipamiento</b>		
	Fortaleza del campo eléctrico	Densidad de flujo magnético
Modelo	EMDEX II	
Sensor	Dos láminas separadas a una distancia de 10 cm	Tres bobinas
Componente del campo	Vertical solamente	En tres ejes y(o) resultante
Rango	1-200 kV/m	0,1-3 000 mG
Fabricante	Enertech Consultants	

Como puede observarse en estas figuras, los niveles de CM y CE obtenidos son muy bajos, comparativamente hablando con relación a las mediciones realizadas en etapas anteriores en líneas y subestaciones con mayores niveles de tensión. Incluso, al comparar los resultados obtenidos con las recomendaciones que ofrece la Comisión Internacional para la Protección contra las Radiaciones No Ionizantes,<sup>5</sup> (ICNIRP, según sus siglas en inglés).



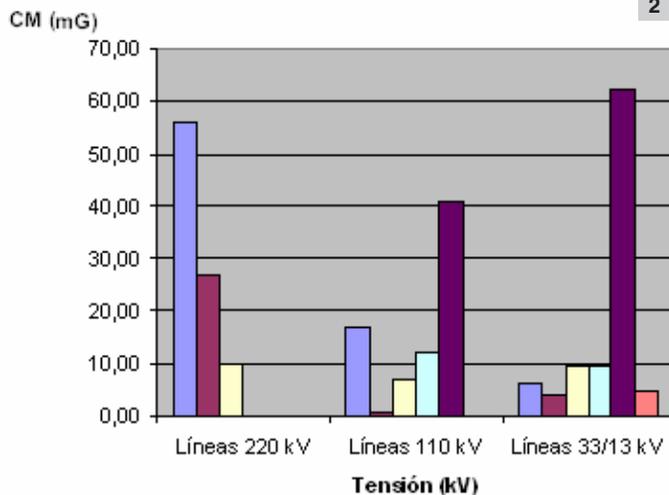
Equipamiento utilizado para realizar las mediciones.

Puede observarse además, que los valores de CE y CM son muy inferiores a los límites establecidos y solo para niveles de 220 se observa que los valores de CE son mayores a los establecidos por el ICNIRP para la población en general, pero dado que la misma no realiza sus actividades dentro de las subestaciones, no es un problema preocupante. En el caso de los CM los valores, en todos los casos, son muy inferiores.



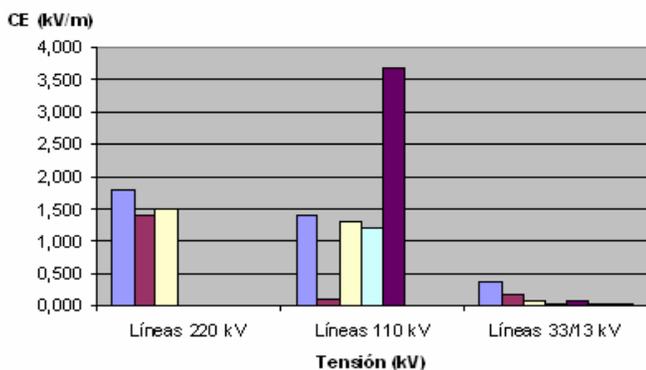
**Comparación con relación a las tensiones de trabajo. (Niveles de CM medidos en SE en Cuba.)**

2



**Comparación con relación a las tensiones de trabajo. (Niveles de CM medidos en líneas en Cuba.)**

3



**Comparación con relación a las tensiones de trabajo. (Niveles de CE medidos en línea en Cuba.)**

4

Solo se observa un caso en el que en mediciones realizadas en distribución los valores de CM son mayores, pero es un caso muy particular, en el cual se realizó la medición en un corredor con 4 circuitos de salida desde una subestación, tal y como se puede ver en la figura 6.

Así mismo se aprovecharon las posibilidades que brindaba el equipamiento y se obtuvieron los mapas de CM en algunas de las subestaciones visitadas, los cuales pueden ser observados en las figuras 7, 8 y 9.

Como puede observarse en dichas figuras las áreas donde mayores valores de CM están asociadas a las áreas de transformadores, por lo general. Es de destacar que en lo particular el área de transformadores correspondiente a la figura 8 está muy cercana al local donde se ubican, durante su turno de trabajo, los operadores de la subestación, lo que implica un riesgo mayor al normal.

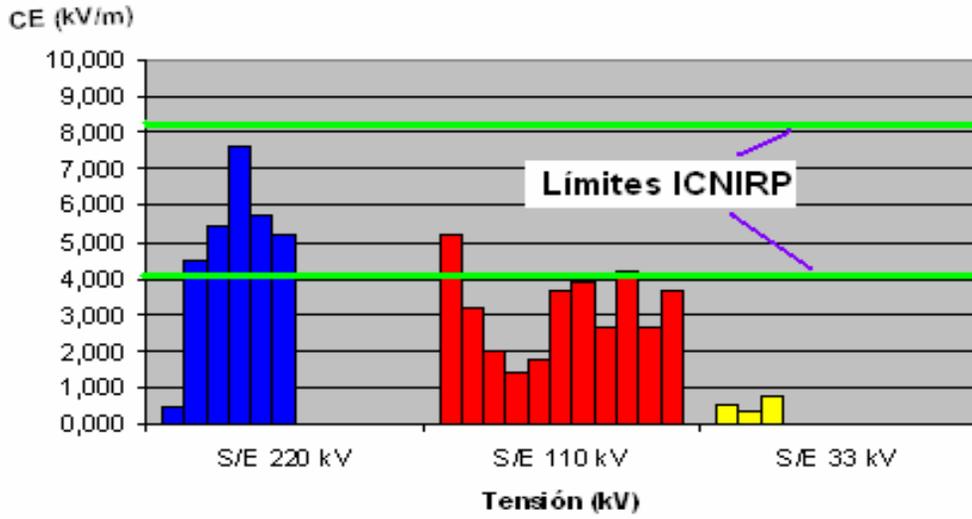
El uso de equipos muy sensibles a las interferencias magnéticas que se han estado introduciendo en los sistemas de control y medición de las subestaciones en los últimos años, es algo que debe tenerse en cuenta en casos como el expuesto en la figura, pues pudiera tener su influencia en el comportamiento de los mismos.

Otro aspecto interesante a destacar es que los valores máximos obtenidos durante el mapeo de las subestaciones son mayores que los obtenidos en las mediciones puntuales (tabla 2), lo que indica que muchas veces no se escoge la mejor trayectoria para realizar las mediciones puntuales, por lo que el lograr el mapeo de la subestación es muy importante para tener una idea real del problema y niveles de CM en la misma.

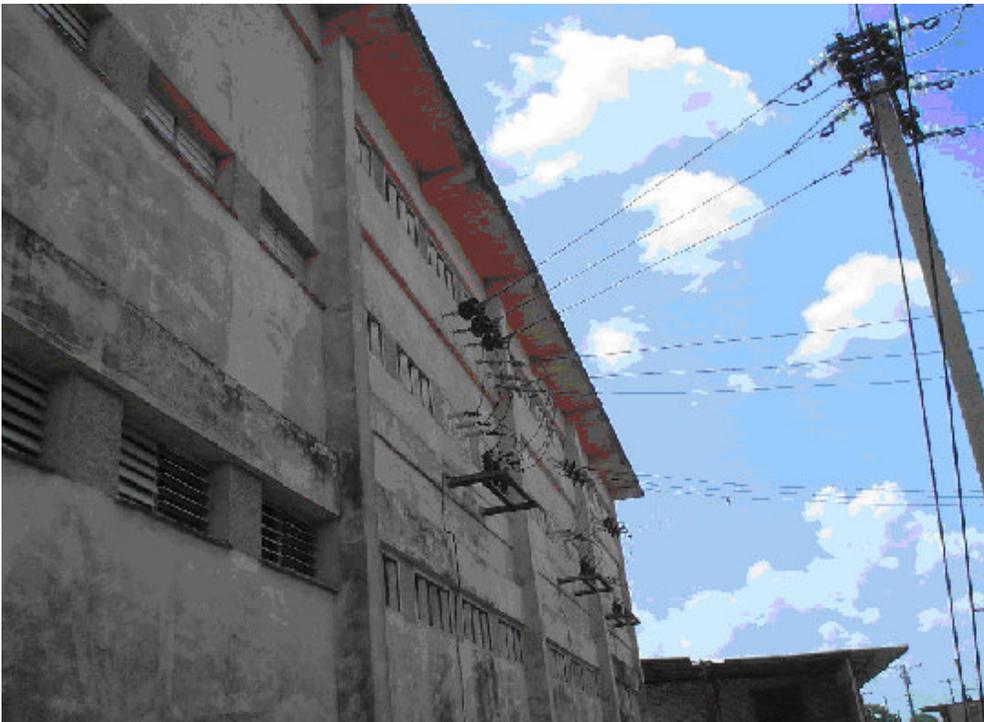
Por otro lado, el equipo de medición permite a su vez obtener un acumulado del CM con respecto al tiempo a cuya exposición, los autores han estado sometidos durante la ejecución del mapeo. Los resultados obtenidos se muestran también en la tabla 2.

**Tabla 2**  
**Valores máximos medidos durante el mapeo del CM en las subestaciones**

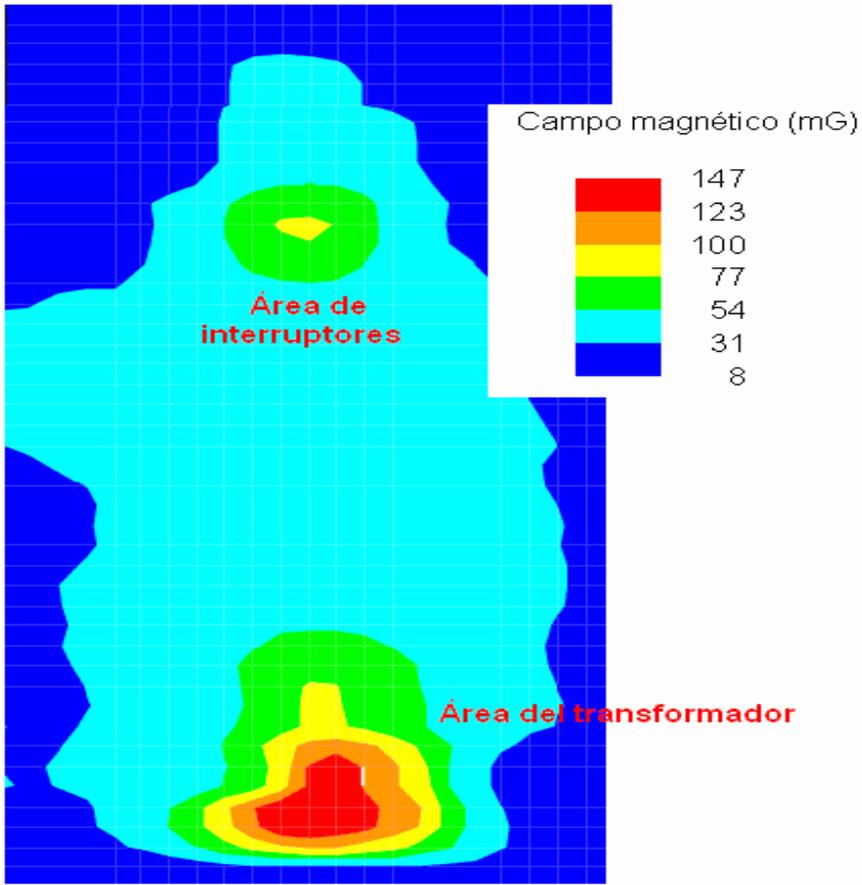
	Valor máximo de CM medido (mG)	Exposición total (mG-h)
Subestación No. 1	78,30	7,33
Subestación No. 2	148,70	4,42
Subestación No. 3	1 112,00	5,32
Subestación No. 4	131,10	8,14
Subestación No. 5	129,50	7,95



Comparación con relación a las tensiones de trabajo y con relación a los niveles que establece el ICNIRP. (Niveles de CE medidos en S/E en Cuba.)

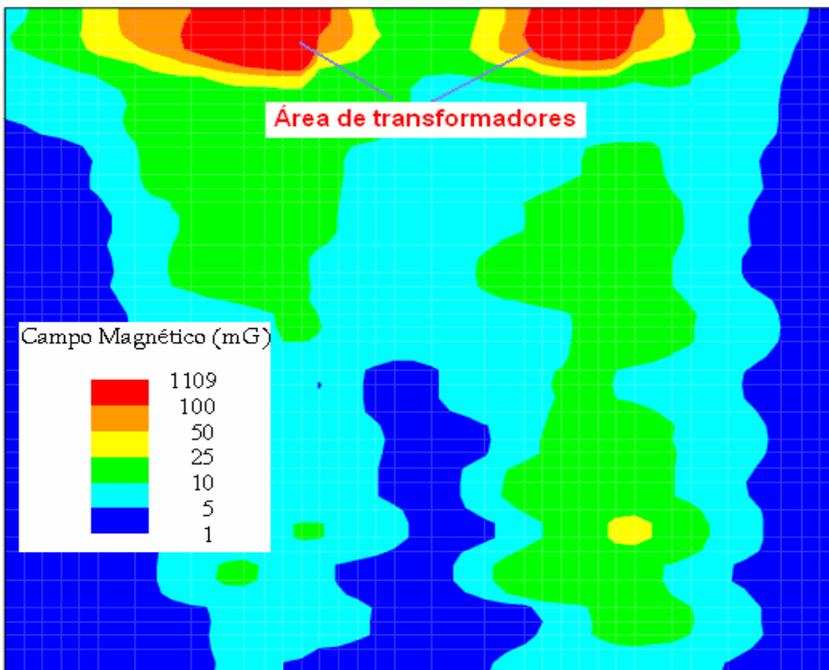


Circuitos de salida S/E de distribución.



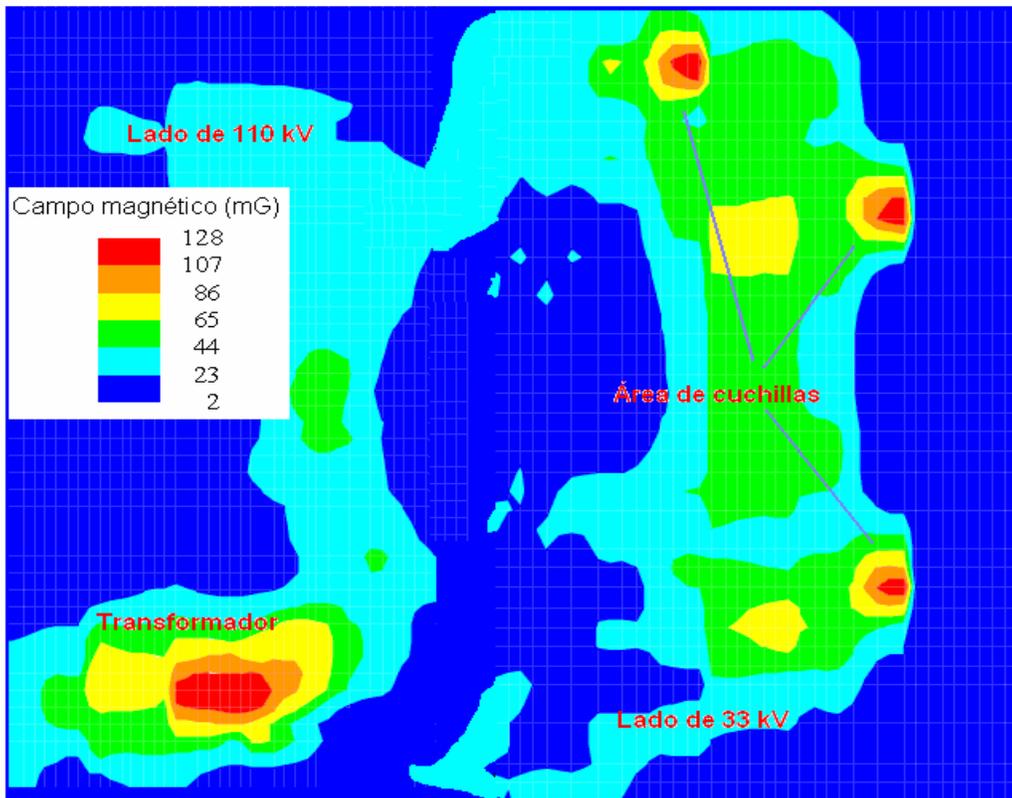
Mapeo del CM en una S/E de 33 kV.

7



Mapeo del CM en una S/E de 110/33kV. Área de 110kV.

8



Mapeo de CM en una S/E 110-33kV.

9

## CONCLUSIONES

- El trabajo realizado permite dar continuidad al análisis y acumulación de datos con relación a los niveles de CM y CE asociados a las líneas y subestaciones del SEN.
- Es evidente la importancia que tiene el lograr caracterizar estos valores, pues permitirá, en un futuro cercano, una vez que se tengan las evidencias científicas con relación a los efectos de estos campos sobre la salud humana, evaluar los riesgos y tomar medidas al respecto.
- Ya existen países que han tomado decisiones al respecto, en función del principio de prevención, y en consideración a que muchos autores plantean que los valores establecidos y sugeridos por las instituciones internacionales son muy altos. Por ejemplo, hay países como EE.UU. y Suecia que han abordado criterios de prevención con relación a los niveles de CEM a que se exponen los seres humanos, y han recomendado **evitar la exposición en forma indirecta, de personas durante su actividad laboral, a campos magnéticos superiores a los 3 y 2 mG respectivamente.**<sup>5</sup> Estos valores no están

amparados, hasta el presente, en estudios que constituyan fundamentación científica evidente.

- Los autores del presente trabajo consideran que aún resulta prematuro tomar medidas con relación a estos criterios, por lo que es preferible ir acumulando información hasta que la evidencia científica ratifique o no la influencia perniciosa para el ser humano de estos campos.

## REFERENCIAS

1. Ando, T. *et al*: "Power Frequency Electric and Magnetic Fields Measurements in Japan and Latin-American Countries", *Memories of EMC Europe Symposium*, Sorrento, Italy, September, 2002.
2. Castro, M.; R. Perera y J. Pedrouzo: "Proyecto de medición de campos eléctricos y magnéticos en líneas y subestaciones del SEN", Ciudad de La Habana, Cuba, junio, 2002.
3. ———: "Algunas consideraciones sobre la caracterización de los campos electromagnéticos en líneas y subestaciones de 110 y 220 kV en Cuba", *Memorias del Congreso ALTAE 2003*, San José de Costa Rica, Costa Rica, agosto, 2003.
4. IEEE Std. 644 - 1994. *Standard IEEE Procedures for Measurements of Power Frequency Electric and*

*Magnetic Fields from A.C Power Lines.* The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York, 1995.

5. *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300GHz)*, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Health Physics, Vol.74, No.4, pp.494-522, 1998

6. **Sou, G.:** "Diagnosis of a Sick Building, *ABE International*", *Building Engineer*, Vol. 78, No. 7, pp. 36-39, July, 2004.

#### AUTORES

##### **Miguel Castro Fernández**

Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Investigador Auxiliar, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEI), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba

e-mail:mcastro@electrica.cujae.edu.cu

##### **Regla de la C. Perera Escobar**

Ingeniera Electricista, Máster en Ingeniería Eléctrica, Investigadora Agregada, CIPEL, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana, Cuba

e-mail:regla@electrica.cujae.edu.cu

##### **Jacqueline Pedrouzo Obregón**

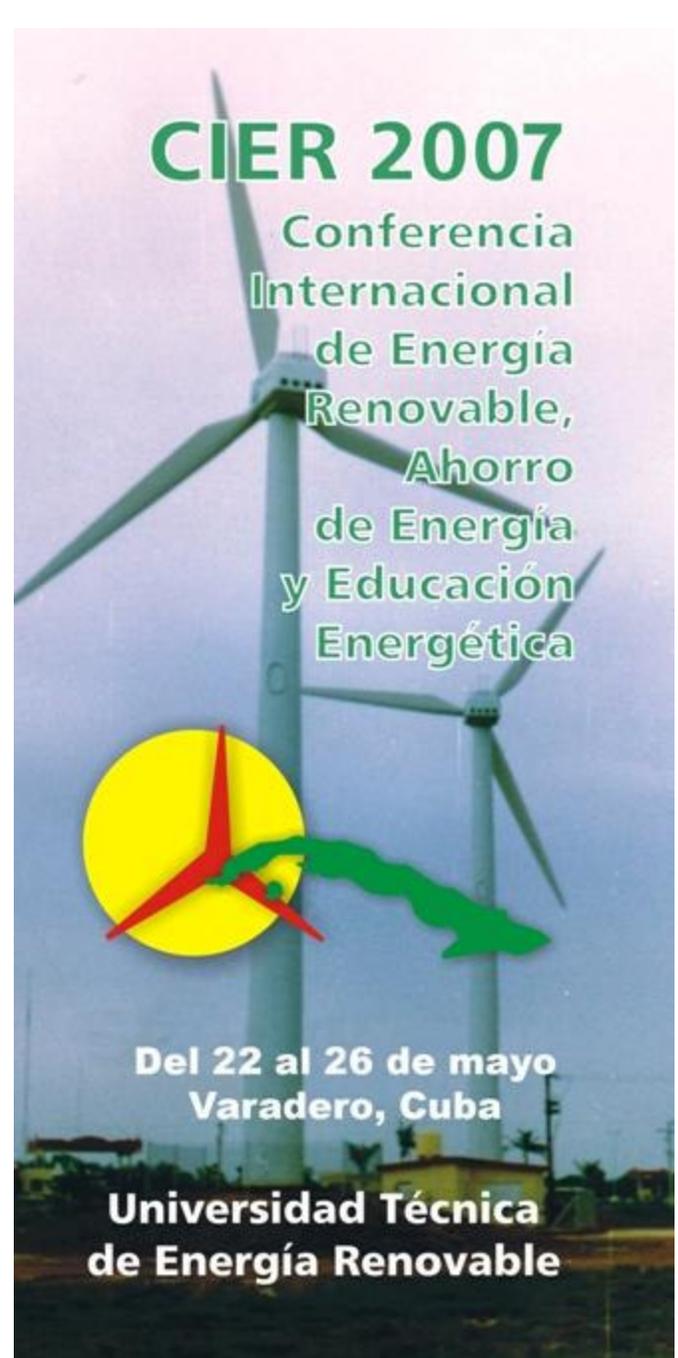
Ingeniera Electricista, Empresa de Construcciones para la Industria Eléctrica (ECIE), Ciudad de La Habana, Cuba

e-mail:jacqueline@ecie.minbas.cu

##### **Adolfo Escobar Ordóñez**

Ingeniero Electricista, Máster en Ingeniería Eléctrica, Grupo de Alta Tensión (GRALTA) Universidad del Valle, Cali, Colombia

e-mail:aescobar@ieee.org



**CIER 2007**  
**Conferencia  
Internacional  
de Energía  
Renovable,  
Ahorro  
de Energía  
y Educación  
Energética**

**Del 22 al 26 de mayo  
Varadero, Cuba**

**Universidad Técnica  
de Energía Renovable**